

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

22673

Se. No. 10/660, 374

Int. Cl.:

F 21 v

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

Deutsche Kl.: 4 b, 15/02

# Offenlegungsschrift 1497 293

Aktenzeichen: P 14 97 293.1 (G 46176)

Anmeldetag: 1. März 1966

Offenlegungstag: 4. Juni 1969

Ausstellungspriorität: —

Unionspriorität

Datum: —

Land: —

Aktenzeichen: —

Bezeichnung: Lichtverteilungsplatte und mit ihr ausgerüstete Beleuchtungsvorrichtung

Zusatz zu: —

Ausscheidung aus: —

Anmelder: Goodbar, Isaac, Queens Village, N. Y. (V. St. A.)

Vertreter: Hermelink, Dipl.-Phys. Dr. Heinrich I., Patentanwalt, 8000 München

Als Erfinder benannt: Erfinder ist der Anmelder

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): 9. 5. 1968

DI 1497293

1497293

PATENTANWALT  
DR. HEINRICH HERMELINK  
8 München-Obermerzing  
Apolloweg 9, Telefon 57 17 45

München, den 28. Febr. 1966  
G 29 - Dr.Hk/Di

Dr Expl.

Isaac G o o d b a r , Queens Village 28, New York, V.St.A.

---

Lichtverteilungsplatte und mit ihr ausgerüstete Beleuchtungs-  
vorrichtung

---

Die Erfindung betrifft eine auf Brechung beruhende Lichtverteilungsplatte, die dazu verwendet werden kann, in Lampen und anderen optischen Vorrichtungen das Licht in bestimmte Vorzugsrichtungen zu lenken. Beispielsweise ist es unter Anwendung der erfindungsgemäßen Lichtverteilungsplatte möglich, eine direkte oder reflektierte Blendung oder beide durch Lampen weitgehend auszuschalten. Die erfindungsgemäße Lichtverteilung geschieht ausschließlich durch Brechung oder Totalreflexion, nicht aber durch aber durch Lichtabsorption oder Abschirmung. Infolgedessen läßt sich eine hohe Lichtausbeute erzielen.

Die erfindungsgemäße Lichtverteilungsplatte besteht aus einem durchsichtigen Werkstoff mit einem Brechungsindex  $n$  höher als 1,155 und hat eine Lichtaustrittsfläche, sowie eine im ganzen hierzu parallel verlaufende Lichteintrittsfläche, die aus einer Reihe aneinanderstoßender, identischer, parallel zueinander verlaufender symmetrischer prismatischer Elemente

909823/0599

mit geraden Seitenflächen besteht. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenflächen der prismatischen Elemente mit der Berührungsebene der gegenüberliegenden Lichtaustrittsfläche einen Winkel von etwa  $\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{4} \arcsin \frac{1}{n}$  Radiant bilden und daß das Licht so auf die Eintrittsfläche auffällt, daß an jeder Stelle alles auftreffende Licht sich innerhalb des stumpfen Raumwinkels befindet, der von den beiden zu den Seitenflächen der symmetrischen prismatischen Elemente senkrechten Ebenen, die sich in einer zu den Prismenachsen parallelen und den betreffenden Punkt enthaltenden Linie schneiden, gebildet wird. Einige Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnung beschrieben. Hierin sind:

- Fig. 1 ein schematischer Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Lichtverteilungsplatte mit Angabe der Zone, aus welcher das Licht auftreffen kann, sowie der Zone, in die es in diesem Falle austritt;
- Fig. 2 ein Ausschnitt aus Fig. 1 in größerem Maßstab zur Erläuterung der mathematischen Ableitungen;
- Fig. 3 ein Diagramm zur Erläuterung der Arbeitsweise der Erfindung;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Leuchtstofflampe unter Verwendung der Erfindung zur Ausschaltung der Blendung von den Seitenwänden des Beleuchtungskörpers;

- Fig. 5 die schematische Darstellung eines mit Glühbirne bestückten Beleuchtungskörpers gemäß der Erfindung zur Ausschaltung der direkten Blendung;
- Fig. 6 die schematische Darstellung einer Wandlampe mit Leuchtstoffröhre gemäß der Erfindung;
- Fig. 7 ein Diagramm zur Erläuterung der Verringerung der reflektierten Blendung durch Anwendung der Erfindung;
- Fig. 8 die schematische Darstellung einer Deckenbeleuchtung gemäß der Erfindung mit verringerter reflektierter Blendung;
- Fig. 9 u.10 eine schematische Ansicht und eine schematische Draufsicht des Verhaltens einer Person unter der Deckenbeleuchtung nach Fig. 8;
- Fig. 11 die schematische Darstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Deckenbeleuchtung;
- Fig. 12 eine Lichtverteilungsplatte gemäß der Erfindung, bei der die Lichtverteilung in zwei zueinander senkrechten Richtungen wirkt;
- Fig. 13 ein weiteres Anwendungsbeispiel der Erfindung zur Beleuchtung schmaler Räume, z.B. von Gängen; und
- Fig. 14 eine Anordnung der Leuchte nach Fig. 13 an einer Wand in Augenhöhe.

Fig. 1 und 2 dienen zur Erläuterung des Erfindungsprinzips. Im einfachsten Falle ist die Lichtverteilungsplatte 1 mit einer ebenen Lichtaustrittsfläche 2 ausgestattet, während die Eintrittsfläche durch senkrecht zur Zeichenebene verlaufende

Ebenen begrenzt ist, die unter einem Winkel  $\varphi$  gegen die Vertikale geneigt sind, der in Radiant durch die folgende Formel angegeben wird:

$$\varphi = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{4} \arcsin \frac{1}{n} \quad (1)$$

Hierbei ist  $\pi$  wie üblich das Verhältnis von Kreisumfang zu Kreisdurchmesser und  $n$  der Brechungsindex des durchsichtigen Werkstoffs, aus dem die Platte 1 besteht.  $n$  muß erfindungsgemäß stets größer als 1,155 sein.

Es wird vorausgesetzt, daß das Licht an jeder Stelle der Lichteintrittsfläche nur von oberhalb zweier Ebenen kommt, die unter dem gleichen Winkel  $\varphi$  gegen die Horizontale geneigt sind, d.h. das Licht kommt aus Raumwinkeln, von denen einer in Fig. 1 mit 7-8-9 bezeichnet ist.

Wie noch zu zeigen sein wird, tritt das Licht in diesem Falle nur außerhalb des Raumwinkels 13-14-15 aus, der durch senkrecht zur Zeichenebene in Fig. 1 verlaufende Ebenen gebildet wird, welche unter einem Winkel  $c$  gegen die Vertikale geneigt sind, wobei  $c$  durch folgende Formel gegeben ist:

$$c = \arcsin \left[ n \sin \left( \frac{\pi}{4} - \frac{3}{4} \delta \right) \right] \quad (2)$$

wobei  $\delta = \arcsin \frac{1}{n} \quad (3)$

Die angegebenen Beziehungen werden nun anhand der Fig. 2 abgeleitet.

An jeder Stelle 4 auf einer der Begrenzungssebenen 3 und 3' der Lichteintrittsfläche kommt das Licht nach Voraussetzung aus dem Raumwinkel 6-4-5, wobei 6-4 senkrecht zu 4-5 verläuft. Aus diesem Grund stellt der Raumwinkel 6-4-5 eine Viertelkugel dar, deren Zentrum im Aufpunkt 4 liegt.

Das aus dieser Viertelkugel kommende Licht wird durch die Grenzfläche 3 gebrochen und erfüllt nach der Brechung einen Halbkugel, der die Zeichenebene der Fig. 2 in der Fläche 10-4-11 schneidet. Der zur Fläche 3 senkrechte Strahl 5-4 geht ungebrochen hindurch. Die streifend, d.h. parallel zur Ebene 3 einfallenden Strahlen 6 werden in einen Kegel 4-11 gebrochen, dessen Öffnungswinkel gleich dem Grenzwinkel der Totalreflexion

$$\sigma = \arcsin \frac{1}{n} \quad (3)$$

ist.

Unmittelbar hinter der Fläche 3 befinden sich somit alle durchgelassenen Lichtstrahlen in Ebenen, die einen Winkel mit der Horizontalen bilden, der niemals kleiner als  $\varphi$  und niemals größer als  $\varphi + \sigma$  ist.

Setzt man den Wert von  $\varphi$  aus (1) ein, so bedeutet dies, daß kein Licht, das die Fläche 2 direkt erreicht, in einer Ebene einfallen kann, die senkrecht zur Zeichenebene in Fig. 2

verläuft und mit der Fläche 2 einen größeren Winkel bildet als

$$\sigma + \varphi = \sigma + \frac{\pi}{4} - \frac{\sigma}{4} = \frac{3}{4} \sigma + \frac{\pi}{4} \quad (4)$$

Ein Teil des durchgelassenen Lichtes erreicht die horizontale Fläche 2 unmittelbar und ein Teil gelangt auf die entgegen-  
gesetzt geneigte Ebene 3'. Diese Ebene 3' erreichende Lichtstrahlen müssen unter Winkeln einfallen, die zwischen dem höchstmöglichen Einfallswinkel  $\varphi$  und dem Wert  $(\frac{\pi}{2} - \varphi)$  liegen, der erreicht wird, wenn das Licht parallel zu 3' einfällt. Sie bilden mit der Normalen zur Ebene 3' somit Winkel zwischen einem Maximum von  $\frac{\pi}{2}$  und einem Minimum von  $2 \varphi$ .

Aus (1) und (3) folgt

$$2 \varphi = \frac{\pi}{2} - \frac{\sigma}{2} \quad (5)$$

Nun ist aber  $\sigma < \frac{\pi}{3}$ , weil nach Voraussetzung  $n > 1,155$ .

Deshalb gilt  $2 \varphi = \frac{\pi}{2} - \frac{\sigma}{2} > \frac{\pi}{3} > \sigma$ .

Es muß also alles die Ebene 3' von der Ebene 3 erreichende Licht total reflektiert werden.

Nach der Totalreflexion befindet sich dieses reflektierte Licht vollständig in Ebenen, die mit der Horizontalen Winkel bilden, die nicht kleiner als  $(\frac{\pi}{2} - \varphi)$  und nicht größer als  $(\pi - 3 \varphi)$  sind. Setzt man den Wert von  $\varphi$  aus (1) und (3) ein, so bedeutet dies, daß k in durch die Fläche 3 ein-



tretendes und an der Fläche 3' total reflektiertes Licht die Ebene 2 unter einem größeren Winkel erreichen kann als

$$\pi - 3 \varphi = \pi - \frac{3}{4} \pi + \frac{3}{4} \sigma = \frac{3}{4} \sigma + \frac{\pi}{4} \quad (7)$$

Somit kann kein direktes oder reflektiertes Licht die Austrittsfläche 2 in einer zur Zeichenebene senkrechten Ebene erreichen, deren Neigungswinkel gegen die Fläche 2 größer als durch (4) bzw. (7) angegeben ist.

Werden die Winkel von der zur Zeichenebene senkrechten Vertikalebene gemessen, so kann dies so ausgedrückt werden, daß kein direktes oder einmal reflektiertes Licht aus dem oben angegebenen Raumwinkel die Austrittsfläche 2 unter einem kleineren Winkel gegen die Vertikale als  $\gamma$  erreichen kann, wobei gilt:

$$\gamma = \frac{\pi}{4} - \frac{3}{4} \sigma \quad (8)$$

Dasjenige Licht, das die Fläche 2 unter einem größeren Winkel als dem Grenzwinkel der Totalreflexion  $\sigma$  erreicht, wird nach oben totalreflektiert und gelangt größtenteils durch die Flächen 3' zurück in den Raum, aus dem es kam. Ein Teil des Lichtes wird auch zurückgeworfen und über die anderen Flächen 3 wieder nach unten reflektiert. Diese Reflexionsvorgänge können sich mehrfach wiederholen. Eine vollständige Analyse der dadurch entstehenden komplizierten Lichtwege im Raum zeigt, daß kein merklicher Lichtanteil unter einem kleineren Winkel als

der Winkel  $\gamma$  von oben auf die Lichtaustrittsfläche 2 auftrifft.

Die Tatsache, daß praktisch alles von oben auf die Fläche 2 gelangende Licht außerhalb des Raumwinkels  $2\gamma$  auftrifft, beweist noch nicht, daß dieses Licht auch außerhalb ein Raumwinkels austritt, der durch zwei zu Fig. 2 senkrechte Ebenen gebildet wird, die unter einem Winkel  $c$  gemäß Formel (2) gegen die Vertikale geneigt sind. Zwar tritt offenbar ein Lichtstrahl 4-11, der in der Zeichenebene verläuft und unter dem Winkel  $\gamma$  geneigt ist, gemäß dem Snellschen Brechungsgesetz unter einem Winkel  $c$  nach außen, aber es ist nicht selbstverständlich, daß alle anderen Lichtstrahlen, die in der zur Zeichenebene senkrechten Ebene verlaufen, deren Spur die Linie 4-11 darstellt, links von der Ebene 11-13 austreten. Um zu beweisen, daß dies tatsächlich der Fall ist, wird auf Fig. 3 verwiesen.

In Fig. 3 ist eine Kugel mit dem Zentrum  $O$  dargestellt. Jeder Punkt der Kugeloberfläche, der mit dem Kugelmittelpunkt verbunden wird, stellt die Richtung eines Lichtstrahls dar. Die Zeichenebene der Fig. 2 ist in Fig. 3 durch die Schnittebene 14-0-18 dargestellt. Eine andere vertikale Ebene, z.B. die Ebene 14-0-19 bildet einen Winkel  $A$  mit der Zeichenebene. Der Strahl 4-11 in Fig. 2 wird durch den Punkt 22 in Fig. 3 wiedergegeben. Es gilt also:

909823/0599

BAD ORIGINAL

$$\text{Wink } 1 \text{ } 22-0-14 = \gamma \quad (9)$$

$$\text{Winkel } 16-0-14 = \arcsin \left[ n \left( \frac{\pi}{4} - \frac{3}{4} \alpha \right) \right] = \epsilon \quad (10)$$

Wenn also 22-0 die Richtung eines Strahls bedeutet, der die Fläche 2 von oben trifft, so bedeutet 16-0 die Austrittsrichtung dieses Strahls nach unten. Jeder andere in der Ebene 20-22-17 enthaltene Lichtstrahl, z.B. der Strahl 21-0 muß nach dem Brechungsgesetz in einer Ebene austreten, welche den einfallenden Strahl 21-0 und die Normale zur Fläche 2 enthält, die in Fig. 3 durch die Linie 14-0 gegeben ist. Somit muß der Austrittsstrahl in der Ebene 19-21-14 verlaufen und es ist nicht unmittelbar klar, ob seine Richtung unterhalb oder oberhalb des Punktes 15 liegt, der den Schnittpunkt der Ebene 19-21-14 und der Ebene 20-16-17 darstellt, welche letztere senkrecht zur Zeichenebene der Fig. 2 verläuft und den Strahl 11-13 enthält.

Mittels des rechtwinkligen sphärischen Dreiecks 14-22-21 ist es möglich, die Seite 21-14 als Funktion der Seite 22-14, d.h. von  $\gamma$ , sowie des Winkels 21-14-22, d.h. von  $A$  in Fig. 3 auszudrücken. Man erhält folgende Formel:

$$\sin (21-14) = \frac{\sin \gamma}{\sqrt{1 - \cos^2 \gamma \sin^2 A}} \quad (11)$$

Ebenso ist es im rechtwinkligen sphärischen Dreieck 15-16-14 möglich, die Seite 14-15 als Funktion des Winkels 15-14-16,

d.h. von  $A$ , und der Seite 14-16, d.h. von  $c$  auszudrücken:

$$\sin (14-15) = \frac{\sin c}{\sqrt{1 - \cos^2 c \sin^2 A}} \quad (12)$$

Dividiert man (12) durch (11), so ergibt sich:

$$\frac{\sin (14-15)}{\sin (21-14)} = \frac{\sin c}{\sin \gamma} \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \gamma \sin^2 A}{1 - \cos^2 c \sin^2 A}} \quad (13)$$

Nach dem Brechungsgesetz gilt aber:

$$\frac{\sin c}{\sin \gamma} = n \quad (14)$$

Ferner kann man setzen:

$$r = \sqrt{\frac{1 - \cos^2 c \sin^2 A}{1 - \cos^2 \gamma \sin^2 A}} \quad (15)$$

Da aber der Brechungsindex der Platte größer als Eins ist, gilt stets:

$$c > \gamma \quad (16)$$

Hieraus folgt:

$$\begin{aligned} \cos c &< \cos \gamma \\ \cos^2 c \sin^2 A &< \cos^2 \gamma \sin^2 A \\ 1 - \cos^2 c \sin^2 A &> 1 - \cos^2 \gamma \sin^2 A \\ r &< 1 \end{aligned} \quad (17)$$

Setzt man (14) und (15) in die Gleichung (13) ein, so erhält man:

$$\frac{\sin (14-15)}{\sin (14-21)} = r n \quad (18)$$

Der Lichtstrahl 21-0 muß aber gemäß dem Pressungsgesetz in einer solchen Richtung austreten, daß 23-0 in der Ebene 14-0-19 verläuft und der Winkel 14-23 die Bedingung erfüllt

$$\frac{\sin (14-23)}{\sin (14-21)} = n \quad (19)$$

Dividiert man (18) durch (19), so ergibt sich:

$$\frac{\sin (14-15)}{\sin (14-23)} = r \quad (20)$$

Aus Formel (17) Folgt:

$$\sin (14-15) < \sin (14-23) \quad (21)$$

und damit:

$$\text{Winkel } (14-15) < \text{Winkel } (14-23) \quad (22)$$

Damit ist bewiesen, daß alle austretenden Strahlen 0-23 außerhalb des betrachteten Raumwinkels **fallen**.

Zusammenfassend hat sich ergeben, daß eine in der geschilderten Weise ausgebildete Platte, auf die Licht nur innerhalb des angegebenen Raumwinkels von oben auffällt, nach unten nur Licht außerhalb eines Raumwinkels emittiert, der durch zwei

um den Winkel  $c$  gegen die Vertikale geneigte Ebenen gebildet wird. Dieses Ergebnis gilt nur, wenn die Eintrittsflächen 3 und 3' gemäß dem Winkel  $\varphi$  nach Formel (1) geneigt sind. Hat die Neigung  $\varphi$  gegen die Vertikale einen anderen Wert, so ergeben sich schlechtere Resultate.

Zum Beweis sei angenommen, daß

$$\varphi = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{4} \arcsin \frac{1}{n} + \varepsilon \quad (24)$$

wobei  $\varepsilon$  irgendein kleiner oder größer positiver oder negativer Wert sei, um den  $\varphi$  von dem Wert gemäß Formel (1) abweicht. Durch Einsetzen der Formel (3) erhält man:

$$\varphi = \frac{\pi}{4} - \frac{\delta}{4} + \varepsilon \quad (25)$$

und durch Einsetzen in Formel (4):

$$\delta + \varphi = \frac{3}{4} \delta + \frac{\pi}{4} + \varepsilon \quad (26)$$

Setzt man (25) in Formel (7) ein, so ergibt sich

$$\pi - 3\varphi = \pi - \frac{3}{4}\pi + \frac{3}{4}\delta - 3\varepsilon = \frac{\pi}{4} + \frac{3}{4}\delta - 3\varepsilon \quad (27)$$

Formel (26) gibt den maximalen Winkel einer Ebene, die unmittelbar auf die Fläche 2 auftreffende Lichtstrahlen enthält, während Formel (27) den maximalen Winkel einer Ebene angibt, die nach einer Reflexion an der Fläche 3' auf die Fläche 2 auftreffende Lichtstrahlen enthält.

Ist die Größe  $\varepsilon$  positiv, so können also manche Lichtstrahlen die Fläche 2 in Ebenen erreichen, deren Winkel gegen die Vertikale größer als der Wert (4) bzw. (7) ist. Ist  $\varepsilon$  negativ, so kann reflektiertes Licht die Fläche 2 in einer Ebene erreichen, die einen größeren Winkel als derjenige nach (4) oder (7) mit der Vertikalen bildet. In beiden Fällen ist der Wert von  $\gamma$  somit kleiner als derjenige nach Formel (8). Damit wird auch der Winkel  $c$  kleiner.

Hierdurch wird bewiesen, daß Formel (1) den besten Wert von  $\varphi$  angibt. Ferner zeigt sich, daß kleine Abweichungen vom Wert der Formel (1) ohne großen Schaden möglich sind. Ein positiver Fehler  $\varepsilon$ , d.h. ein etwas größerer Wert von  $\varphi$  als Formel (1) ist besser als ein negativer Fehler  $\varepsilon$ , d.h. ein kleinerer Wert von  $\varphi$  als Formel (1).

Aus den Formeln (8), (26) und (27) folgt nämlich für positives  $\varepsilon$ :

$$\gamma = \frac{\pi}{4} - \frac{3}{4} \delta - \varepsilon \quad (28)$$

und für negatives  $\varepsilon$ :

$$\gamma = \frac{\pi}{4} - \frac{3}{4} \delta - 3|\varepsilon| \quad (29)$$

Somit wird durch einen positiven Fehler der Winkel  $\gamma$  um einen dem Fehler gleichen Wert verringert, während ein negativer Fehler sich dreimal so stark auswirkt.

Nach Erläuterung des Erfindungsprinzips an einem typischen Beispiel werden nun einige Anwendungsmöglichkeiten beschrieben.

BAD ORIGINAL

808823/0599

Ein Anwendungsbeispiel ist in Fig. 4 dargestellt. Sie zeigt einen Querschnitt einer Leuchtstofflampe 25. Sie besitzt einen horizontalen Teil 25' und zwei schräge Seitenteile 25'' aus lichtdurchlässigem Kunststoff. Der horizontale Teil kann in bekannter Weise so ausgebildet sein, daß übermäßige Helligkeit unter hohen Austrittswinkel vermieden wird. Die schrägen Seitenteile sind dagegen erfindungsgemäß Platten mit innen angebrachten Prismen 3-3' gemäß Fig. 1 und 2.

Wie aus Fig. 4 hervorgeht, sind alle Lichtquellen 29 und ihre Spiegelbilder so angeordnet, daß sie sich stets außerhalb des Raumwinkels befinden, der durch die beiden zu den Leuchtstoffröhren parallelen Ebenen gebildet wird, welche unter einem Winkel  $\phi$  gemäß Formel (1) zu den Platten 25'' verlaufen. Die Platten 25'' sind unter einem Winkel  $c$  gemäß Formel (2) gegen die Vertikale geneigt.

Das von den Platten 25'' ausgehende Licht befindet sich dann gemäß der obigen Erläuterung außerhalb des senkrecht zur Zeichenebene der Fig. 4 verlaufenden Raumwinkels 27-26-28. Einerseits wird somit Licht oberhalb der Horizontale emittiert, was zur Beleuchtung der Decke in der Nähe der Lampe nützlich ist, und andererseits wird Licht unterhalb der Ebene emittiert, die einen Winkel  $2c$  mit der Horizontalen bildet ( $2c = 51^\circ$  für  $n = 1,59$ ).

Das auf die Decke auffallende Licht verringert den Kontrast zwischen der Lampe und ihrer Umgebung. Nach der Reflexion an



der Decke erreicht das Licht den Arbeitsbereich und unterstützt den unmittelbar dort ankommenden Lichtstrom, während in dem Blendungsbereich kein Licht austritt. Die direkte Blendung wird ohne jede Abschirmung vermieden, d.h. der gesamte Lichtstrom der Leuchtstoffröhre 29, der auf die Platten 25" auftrifft, gelangt allein durch Brechung und Totalreflexion in die Nutzbereiche. So ergibt sich eine sehr hohe Lichtausbeute vereint mit sehr geringer Helligkeit im Bereich direkter Blendung.

Fig. 5 zeigt eine Anwendung der Erfindung auf eine Lampe mit Glühbirne. Die Lampe wird nach oben durch einen ebenen Spiegel 32 abgeschlossen, der ein virtuelles Bild 31' der Lichtquelle 31 erzeugt.

Die Lichtverteilungsplatte 33 ist wie oben mit Prismen auf der Innenseite versehen, stellt aber in diesem Falle keine ebene Platte dar, sondern einen Kegelstumpf mit solchem Öffnungswinkel, daß die Lichtquellen 31 und 31' sich vollständig innerhalb des Raumes befinden, der durch Drehung der Linien 35 und 36 in Fig. 5 um die Symmetrieachse 37-37 definiert wird. Aus den erwähnten Gründen gelangt somit alles von den Lichtquellen 31 und 31' ausgehende Licht, das auf die Lichtverteilungsplatte 33 auffällt, entweder oberhalb der Horizontalen oder unterhalb des Winkels 2c unterhalb der Horizontalen nach außen. So wird der direkte Lichtstrom durch die untere Öffnung 38 unterstützt und eine Blendung im Winkelraum 2c vermieden. Direktes Licht kann nach unten

nur unter Winkeln größer als  $c'$  gegen die Horizontale austreten.

Wenn die Decke hoch genug ist, kann der Spiegel 32 auch weggelassen und die Lampe pendelnd aufgehängt werden. In diesem Falle fällt das nach oben ausgesandte Licht unmittelbar auf die Decke.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 6 dargestellt. In diesem Falle ist die Lampe an einer Wand befestigt. Sie besteht aus einer Leuchtstoffröhre 29, einem Spiegel 40 und einer Lichtverteilungsplatte 39. Diese ist so angebracht, daß Licht nur zur Decke und unterhalb eines Wandwinkels  $2c$  unterhalb der Horizontalen emittiert wird.

Auch verhältnismäßig schmale Räume wie Gänge oder Korridore können mit erfindungsgemäßen Lampen beleuchtet werden. Ein solches Anwendungsbeispiel ist in Fig. 13 gezeigt. An der Decke eines Ganges sind längsverlaufende Leuchtstofflampen 51 angebracht, die mit erfindungsgemäßen Lichtverteilungsplatten 52 ausgerüstet sind. Vorzugsweise soll der Reflektor 53 das Licht von der Leuchtstofflampe 54 so zurückwerfen, daß es die Lichtverteilungsplatte 52 nur außerhalb des Raumwinkels erreicht, der durch die beiden zu der Leuchtstofflampe parallelen und unter dem Winkel  $\varphi$  gegen die Horizontale verlaufenden Ebenen definiert ist.

Wie man sieht, wird das meiste Licht in zum Korridor parallelen Ebenen emittiert, die größere Winkel als  $c$  mit der Vertikalen

809823/0500

BAD ORIGINAL

bilden. Infolgedessen können in dem Korridor gehende Personen 55, die unter beliebigen Winkeln auf die Lampen sehen, nicht geblendet werden.

Dieselbe Lampe kann auch an einer Wand etwa in Augenhöhe angebracht werden, wie Fig. 14 zeigt.

Trifft das Licht aus einer ungünstigen Richtung auf eine Arbeitsfläche, so ergibt sich eine andere Blendung, nämlich die sog. Reflexionsblendung. Ist die Arbeitsfläche sehr glatt (glänzende Stoffe), so kann man das reflektierte Bild der Lichtquelle wirklich sehen. Daher rührt ja der Name Reflexionsblendung. In den letzten Jahren wurde bewiesen, daß dieser Effekt nicht nur bei glänzenden Werkstoffen, sondern bei Werkstoffen aller Art auftritt (D.M.Finch, "Physical Measurements for the Determination of Brightness and Contrast", Illuminating Engineering, Vol. LIV, Nr. 8, S. 481 (August 1959); H.R. Blackwell, Illuminating Engineering, Vol. LVIII, Nr. 4, Abschn. I, S. 161 (April 1963)). Die Winkel, unter denen Arbeitsflächen normalerweise betrachtet werden, sind gründlich untersucht worden (W. Allphin, "Sight Lines to Desk Tasks in Schools & Offices", Illuminating Engineering Vol. LVIII, Nr. 4, Abschn. I, S. 244 (April 1963); C.L.Crouch und J.E. Kaufman, "Practical Application of Polarization and Light Control for Reduction of Reflected Glare", Illuminating Engineering, Vol. LVIII, Nr. 4, Abschn. I, S. 277 (April 1963)) und es sind Rechenverfahren entwickelt worden, welche die Voraussage der Kontrastverluste bei verschiedenen Beleuchtungssystemen ermöglichen (I. Goodbar, "Point by Point Prediction of Contrast

908823/0688

BAD ORIGINAL

Losses", Illuminating Engineering, Vol. LVIII, Nr. 4, Abschn. I, S. 262 (April 1963)).

Eine Möglichkeit, diese Kontrastverluste infolge von diffusen Reflexionen zu vermindern, besteht darin, das Auftreffen von Licht auf die Arbeitsfläche zu vermeiden, das aus dem Raumwinkel zwischen zwei geneigten Ebenen kommt, welche sich in einer durch die Arbeitsfläche gehenden horizontalen Linie schneiden.

In Fig. 7 bedeutet  $T$  die Arbeitsfläche, die horizontal oder schräg angeordnet sein kann. Der Einfachheit sei angenommen, daß es sich um eine ebene Arbeitsfläche handelt.  $\alpha$  ist die Vertikalebene, die durch Arbeitsfläche  $T$  und das Auge 41 geht, 42 ist eine horizontale Linie in Höhe der Arbeitsfläche und  $\beta$  und  $\gamma$  sind zwei Ebenen, welche die Linie 42 enthalten und um einen Winkel  $c$  gegen die Vertikale geneigt sind. Es kann durch Rechnungen gezeigt werden, daß bei Ausschaltung des Lichteinfalls aus dem Inneren des Raumwinkels zwischen den Ebenen  $\beta$  und  $\gamma$  der Kontrast auf praktisch allen Arbeitsflächen  $T$  sich für alle Sehwinkel und für alle Neigungen der Arbeitsfläche verbessern läßt, solange die Ebene der Arbeitsfläche senkrecht zur Sichtebene  $\alpha$  bleibt, wie es bei ebenen Arbeitsflächen im allgemeinen der Fall ist.

Falls die Orientierung der Sichtebeane  $\alpha$  parallel zu einer  $\beta$  stimmten Richtung bleiben kann, wie so oft in Büros, Zeichensälen, Klassenzimmern usw. der Fall ist, können die erfindungsgemäßen Lichtverteilungsplatten zur Konstruktion einer vollständig oder fast vollständig leuchtenden Decke verwendet werden, welche den Kontrast und damit die Sichtbarkeit der Arbeitsflächen stark verbessert und gleichzeitig die direkte Blendung erheblich herabsetzt.

Fig. 8 zeigt einen Querschnitt einer solchen Anlage. Die Leuchtstoffröhren 43 sind unter der weißen Decke 44 montiert und durch spiegelnde Schirme 45 getrennt. Letztere können auch aus gekrümmten Flächen bestehen, wie es in der deutschen Patentanmeldung P 31 106 IXa/4b beschrieben ist. Die spiegelnden Schirme gewährleisten, daß kein Licht die Lichtverteilungsplatten 46 in Ebenen erreichen kann, die senkrecht zur Zeichenebene verlaufen und mit den horizontalen Platten einen kleineren Winkel als  $\varphi$  bilden.

Wie früher beschrieben wurde, tritt das Licht aus den Verteilungsplatten 46 nach unten außerhalb des Raumwinkels 47-48-49 aus, wobei 48 irgendein Punkt auf der Unterseite der Platten 46 ist. Aus diesem Grunde empfängt jeder Punkt auf einer im Raum unter der Decke befindlichen Arbeitsfläche (abgesehen von der unmittelbaren Nähe der Seitenwände) Licht nur von außerhalb der Ebenen  $\beta$  und  $\gamma$  in Fig. 7.

BAD ORIGINAL

909823/0599

Für einen unterhalb der Deckenbeleuchtung sitzenden oder stehenden Beobachter erscheint die Zone BB' vor ihm (Fig. 9 und 10) unter allen Seh winkeln dunkel, so daß also auch die direkte Blendung stark ver ringert wird. Es sei bemerkt, daß diese Zone mit dem Beobachter wandert.

Gegebenenfalls können weitere Blenden entsprechend 45 (oder parabolische Blenden gemäß der erwähnten älteren Patentanmeldung) senkrecht zu den Leuchtstoffröhren verlaufen, um eine Abschirmung in Längsrichtung ebenfalls zu bewirken. Die unmittelbare Blendung wird dann fast vollständig vermieden, während die Reflexionsblendung für Beobachter mit zu den Leuchtstoffröhren parallelen Sichtebenen ebenfalls fast vollständig verschwinden würde.

Der Strahlengang durch die Lichtverteilungsplatte nach Fig. 1 hat reziproke Eigenschaften, d.h. wenn Licht aus dem Raum unterhalb der Begrenzungsebenen 7-8-9 auf die Prismen 3 auffällt, so tritt es an der Fläche 2 innerhalb der Zone 13-14-15 aus.

Eine Anwendungsmöglichkeit dieser Eigenschaften der erfindungsgemäßen Lichtverteilungsplatten ist in Fig. 11 dargestellt, die eine Lichtdecke oder eine versenkt angebrachte Leuchte zeigt.

Wenn nur Reflektorlampen oder sonstige Lampen 50 in der dargestellten Weise angebracht sind, erreicht alles Licht die Lichtverteilungsplatte 1, auf deren Oberfläche sich die beschriebenen Prismen befinden, unter Winkeln gegen die Horizontale, die kleiner als der Winkel  $\varphi$  sind. Dieses Licht tritt also wie erwähnt unter einem Winkel gegen die Vertikale nach unten aus, der kleiner als der Winkel  $c$  ist. Eine unmittelbare Blendung wird so nahezu ausgeschlossen.

Es ist aber auch möglich, Leuchtstoffröhren 43 und spiegelnde Blenden 45 anzubringen. Eine solche Anordnung ist z.B. in Klassenzimmern oder Hörsälen sehr vorteilhaft. Normalerweise sind die Lampen 43 allein angeschaltet, wodurch sich gemäß den oben erläuterten Grundsätzen die bestmögliche Kontrastwiedergabe ergibt und auch die Wände beleuchtet sind. Wenn dagegen Bilder oder Filme gezeigt werden sollen, während die Schüler oder Studenten sich Notizen machen können, werden die Lampen 43 ausgeschaltet und die Lampen 50 angeschaltet. Nun ist das gesamte Licht auf Winkel beschränkt, die nur wenig von der Vertikalen abweichen. Die Wände und Projektionsleinwände sind also dunkel, während die Schreibtische hell beleuchtet sind.

In allen bisherigen Figuren war angenommen, daß die Ebenen 3 und 3' nur in einer Richtung (senkrecht zur Zeichenebene) verlaufen. Sehr oft ist dies eine bevorzugte Ausführungsform, aber in manchen Fällen empfiehlt es sich auch, die Lichtver-

teilung in mehreren Richtungen zu steuern. Fig. 12 zeigt einen Fall, in dem die Ebenen 3 und 3' um den Winkel  $\varphi$  gegen die Vertikale geneigt sind und in zwei zueinander senkrechten Richtungen verlaufen, so daß sich aufrecht stehende (wie dargestellt) oder auf der Spitze stehende Pyramiden mit quadratischer Grundfläche ergeben. Es können auch Pyramiden mit anderer Grundfläche (dreieckig, sechseckig usw.) oder sogar Kreiskegel verwendet werden. Solche Ausführungen eignen sich für Anwendungen ähnlich Fig. 4 und 6, wenn es nicht erforderlich ist, die Helligkeit der Leuchten bei Betrachtung von der Seite begrenzen. Das trifft z.B. zu für kleine Räume oder Korridore.

Die Unterseite 2 der Lichtverteilungsplatte 1 wurde vorstehend meist als eben angenommen. Sie kann aber auch gekrümmt oder aus abwechselnd entgegengesetzt geneigten Ebenen ausgebildet sein, um das Licht in bekannter Weise weiter zu verteilen. Statt durchsichtig können die erfindungsgemäßen Platten in gewissen Fällen auch lichtstreuend ausgebildet sein, wenn die Übergänge zwischen Licht und Schatten sanfter erfolgen sollen.



Isaac G o o d b a r , Queens Village 28, New York, V.St.A.

---

P a t e n t a n s p r ü c h e :

---

1. Lichtverteilungsplatte aus durchsichtigem oder durchscheinenden Werkstoff mit einem Brechungsindex  $n$  von mehr als 1,155 , einer vorzugsweise glatten Lichtaustrittsfläche und einer im ganzen dazu parallel verlaufenden Lichteintrittsfläche, die aus einer Reihe aneinander anschließender, identischer , sich senkrecht zur Lichtaustrittsfläche erstreckender symmetrischer prismatischer Elemente mit geraden Seitenflächen besteht, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel der Seitenflächen  $(3, 3')$  der prismatischen Elemente mit der Berührungsebene der gegenüberliegenden Lichtaustrittsfläche (2) etwa den Wert

$$\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{4} \arcsin \frac{1}{n} \text{ (Radiant)}$$

hat und daß das Licht nur aus Richtungen auf die Eintrittsfläche einfallen kann, die innerhalb des stumpfen Raumwinkels  $(7-8-9)$  liegen, der durch die beiden zu den gegenüberliegenden Seitenflächen der prismatischen Elemente senkrechten Ebenen gebildet wird, die sich in einer zu

- 2 -

94

den Achsen der Prismen parallelen Lini schneiden, welche di jeweils betrachtete Lichteinfallstelle (8) enthält.

2. Beleuchtungseinrichtung mit einer oder mehreren Lichtquellen und einer Lichtverteilungsplatte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquellen (29, 31) und ggf. ihre virtuellen Bilder (29', 31') innerhalb des stumpfen Raumwinkels angeordnet sind, der durch zwei zu den geraden Seitenflächen der prismatischen Elemente senkrechte Ebenen, welche je eine Kante der Lichtverteilungsplatte (25", 33, 39) schneiden, definiert ist.
3. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtverteilungsplatte eine ebene, horizontal angeordnete Lichtaustrittsfläche (2) besitzt und daß sich oberhalb der Lichtverteilungsplatte (46) unten offene Schirme (45) befinden, zwischen denen die Lichtquellen (43) derart angebracht sind, daß das von ihnen ausgehende Licht die Lichtverteilungsplatte nicht unter einer außerhalb des angegebenen Raumwinkels liegenden Richtung treffen kann.
4. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtverteilungsplatte (33) gekrümmt ist.
5. Als Deckenleuchte ausgebildete Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks Erzielung zweier vahlweise zu verwirklichenden, zueinander resiproken

- 3 -

25

Lichtverteilungen weitere Lichtquellen (50) derart angebracht sind, daß ihr Licht gróßtenteils in Richtungen auf die Lichtverteilungsplatte (1) auftrifft, die außerhalb des angegebenen Raumwinkels liegen.

-26-

Leerseite

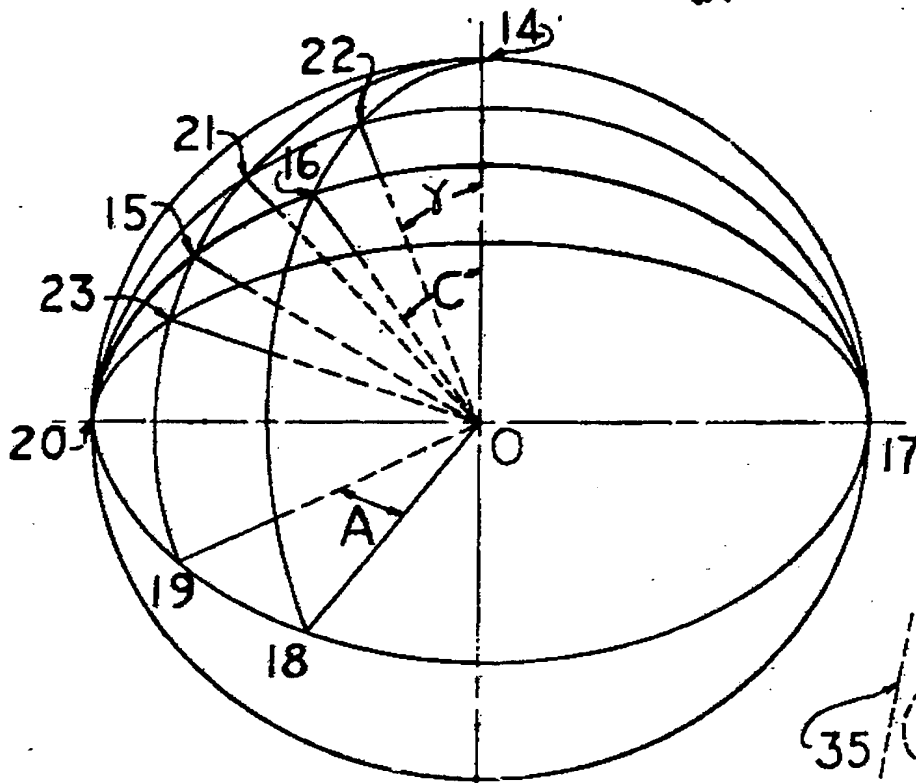


FIG. 3

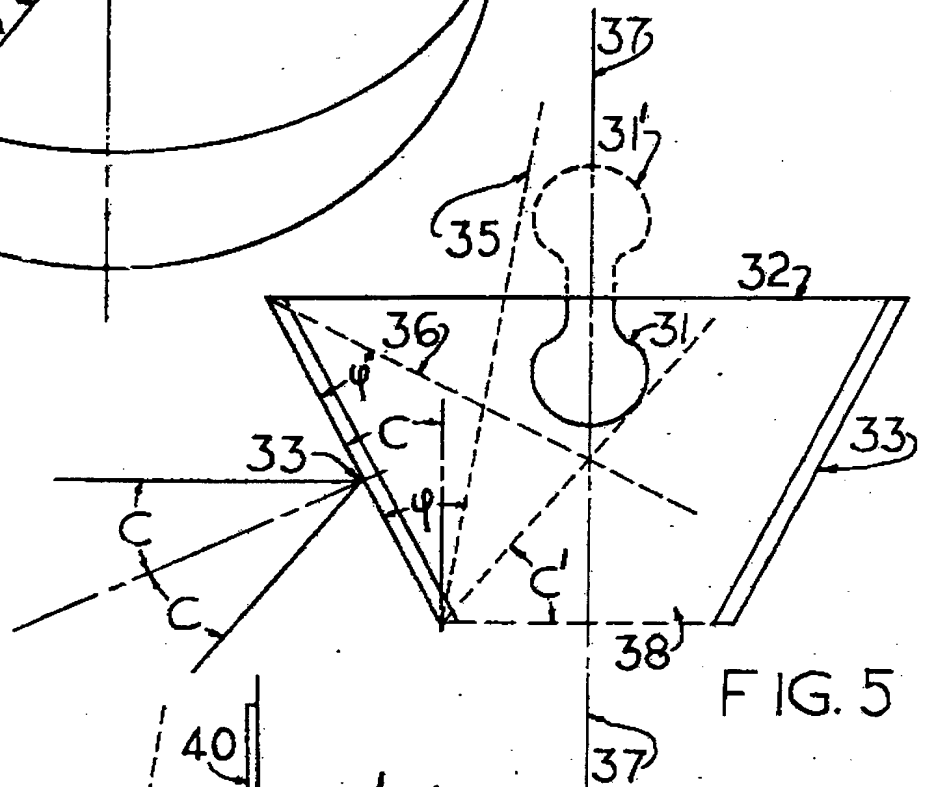


FIG. 5

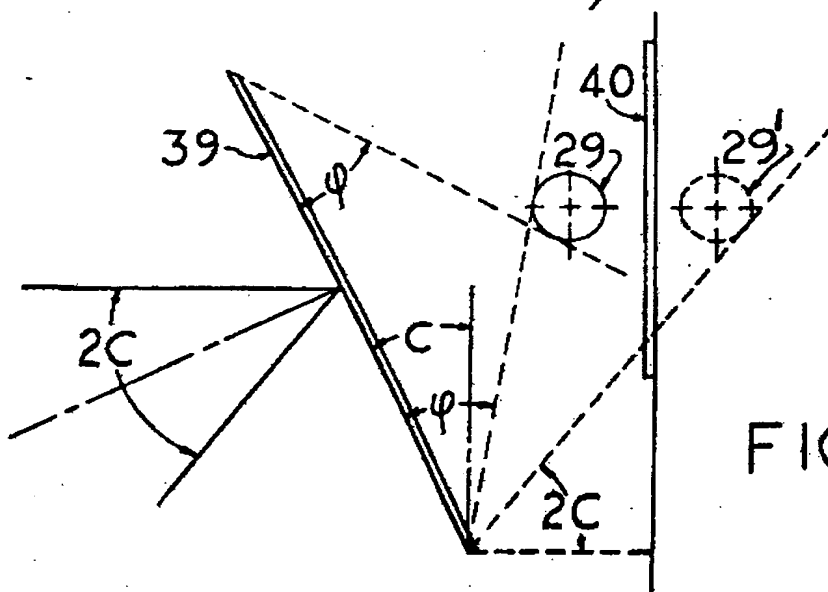


FIG. 6

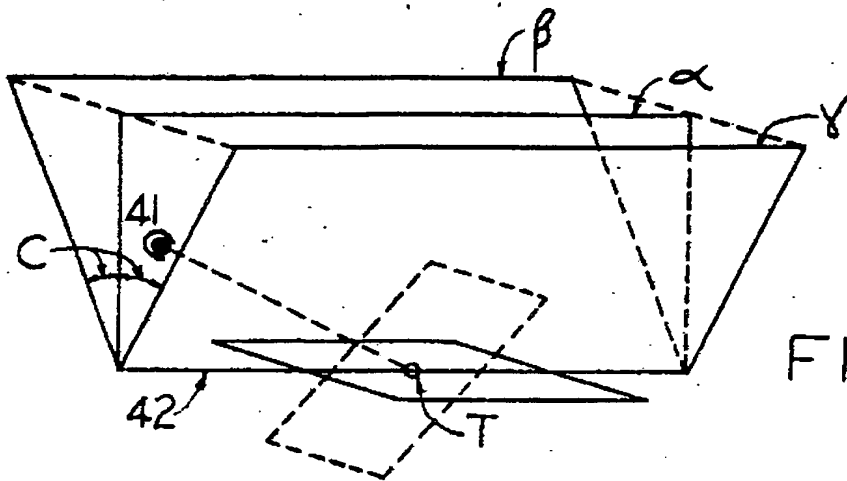


FIG. 7

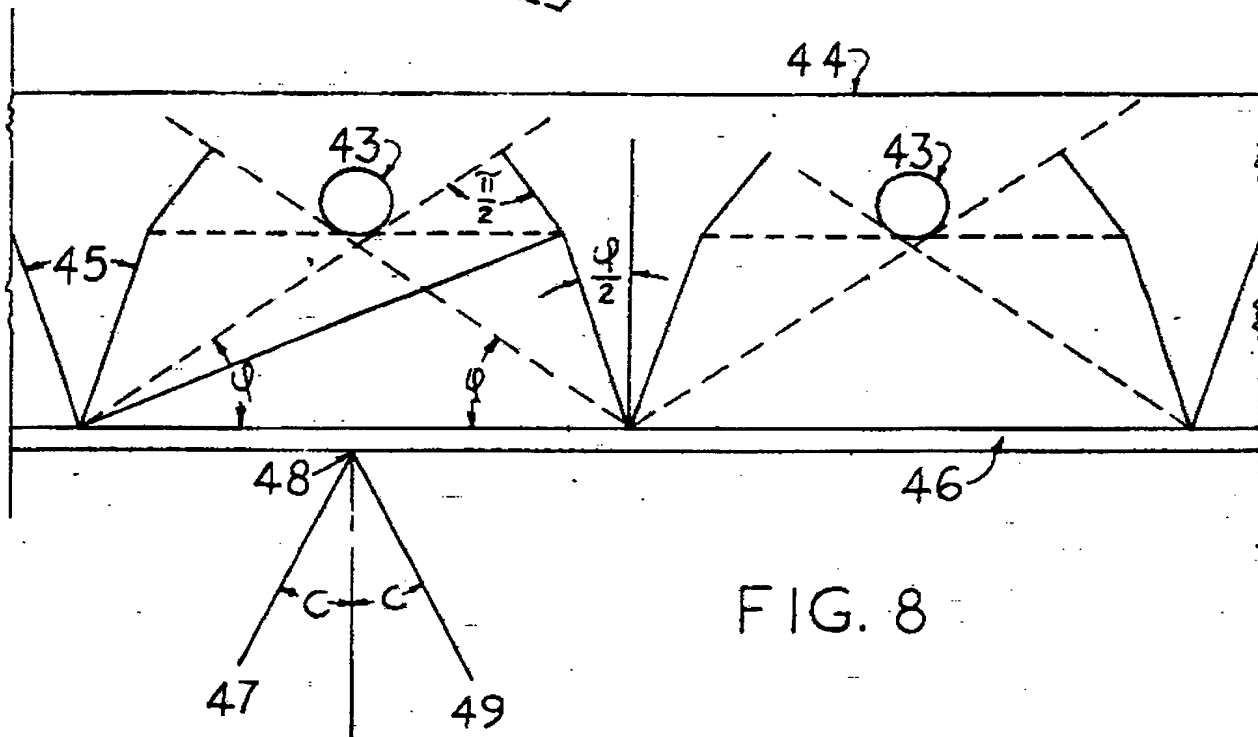


FIG. 8

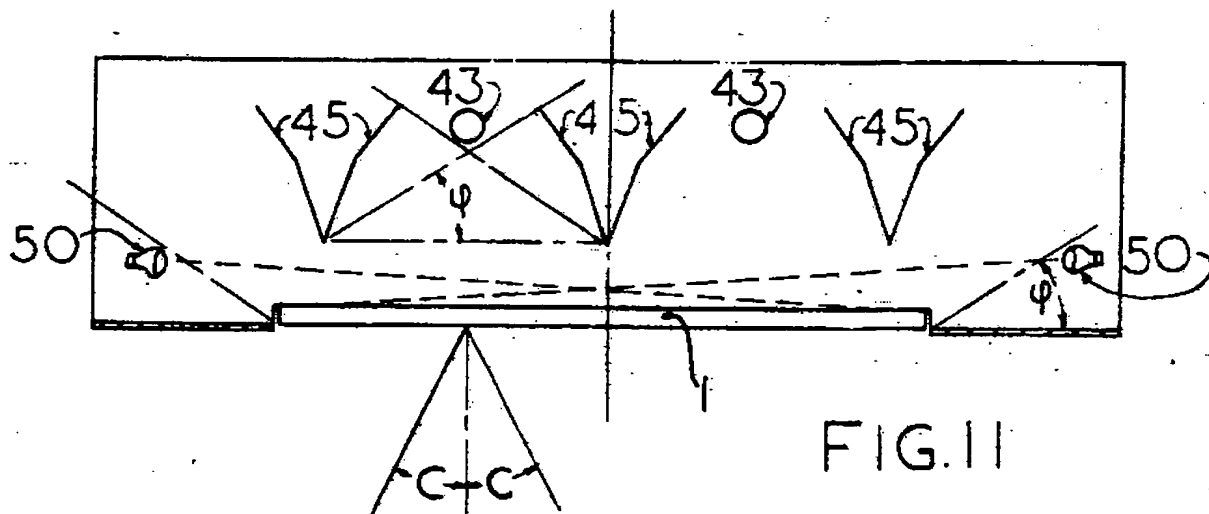


FIG. 11

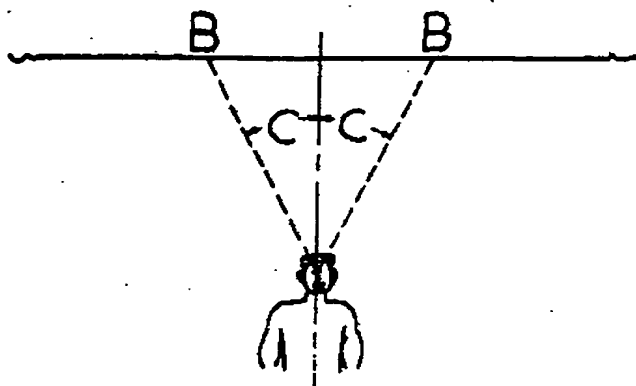


FIG. 9

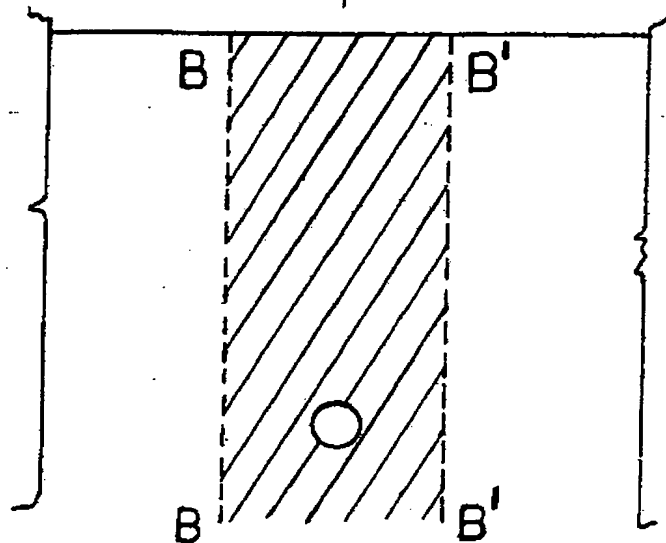


FIG. 10

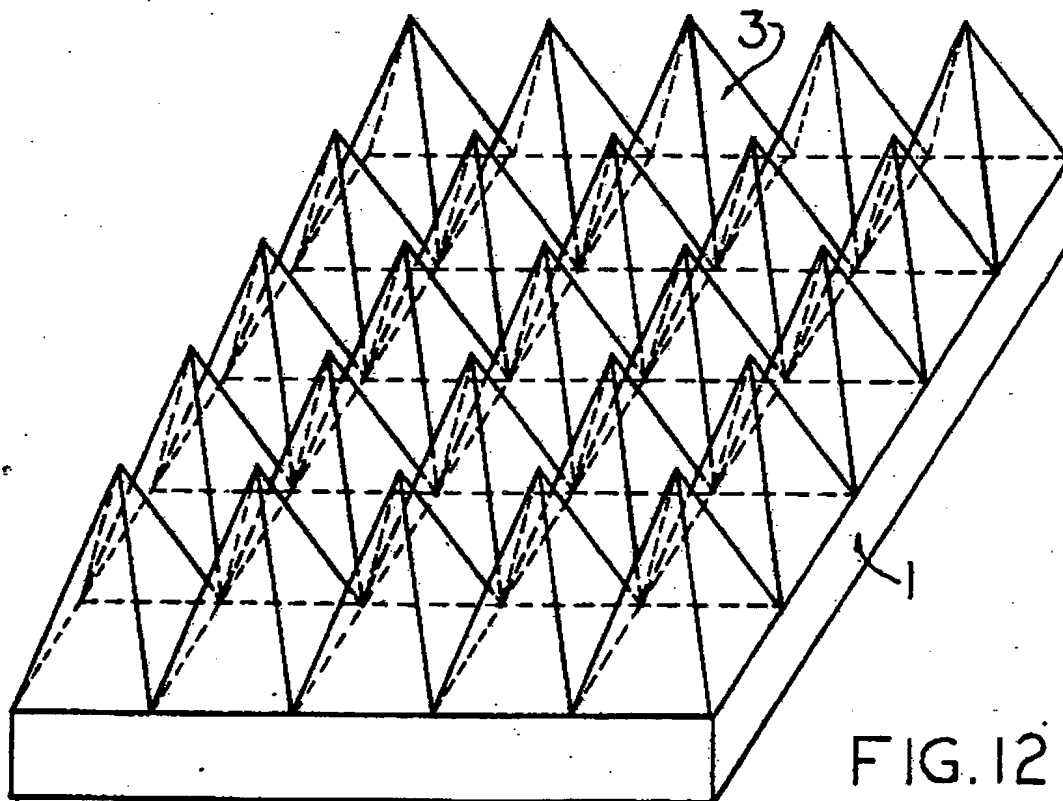


FIG. 12

FIG. 14

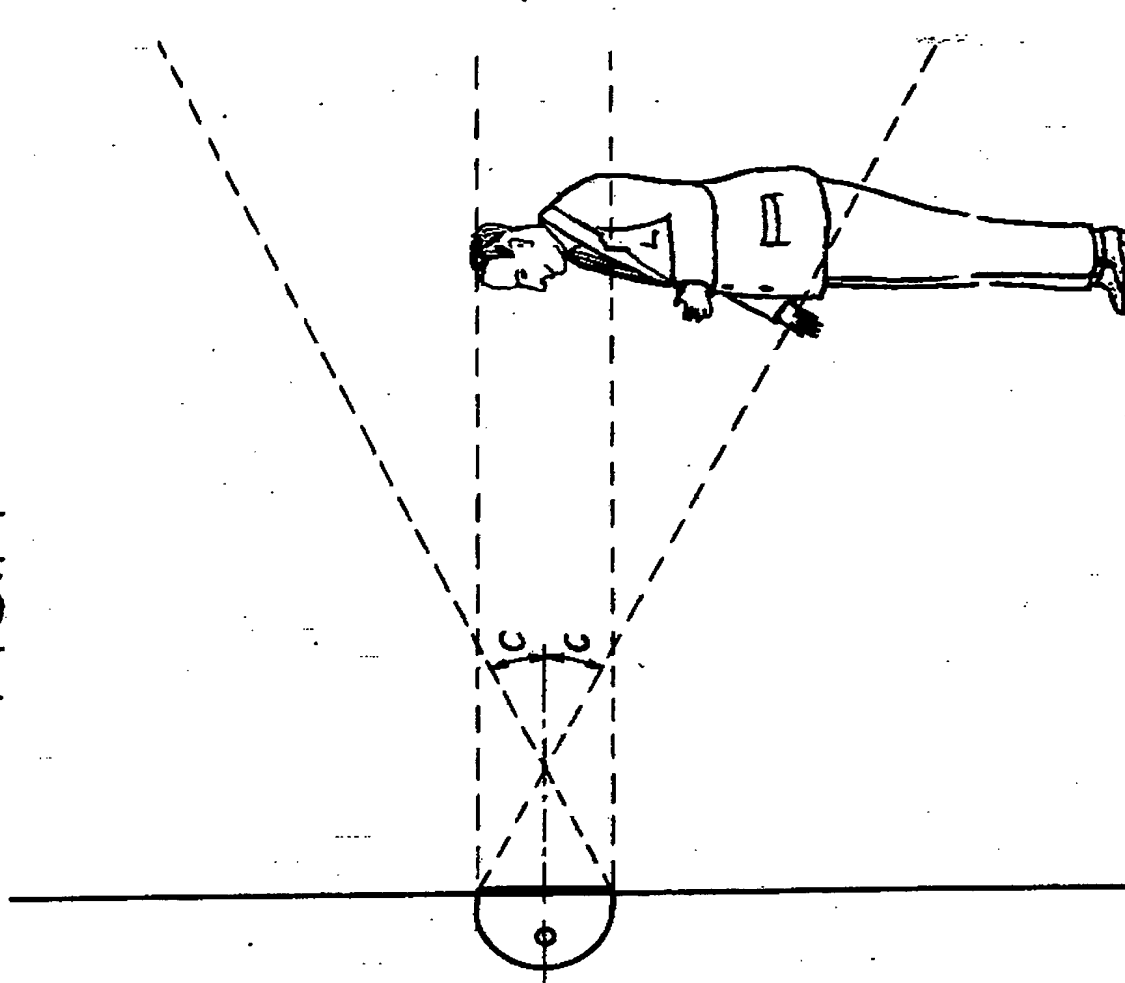
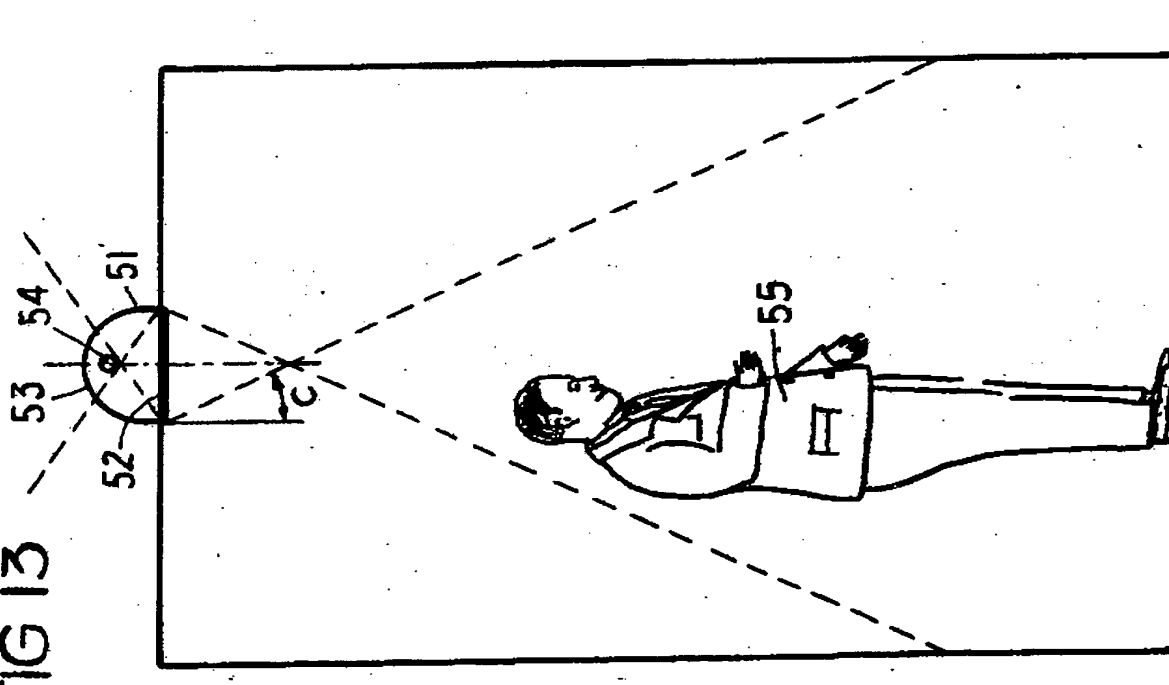


FIG. 13





1497293

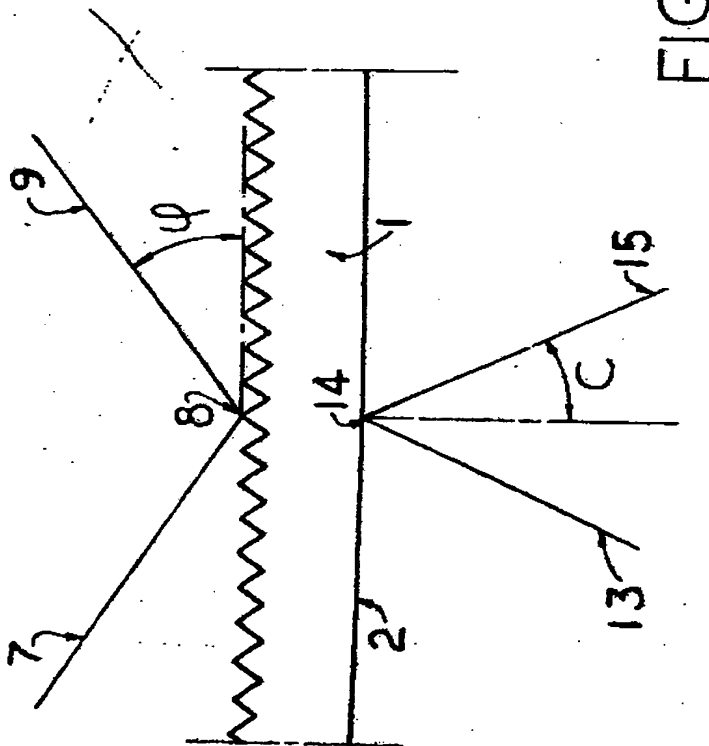


FIG. 1

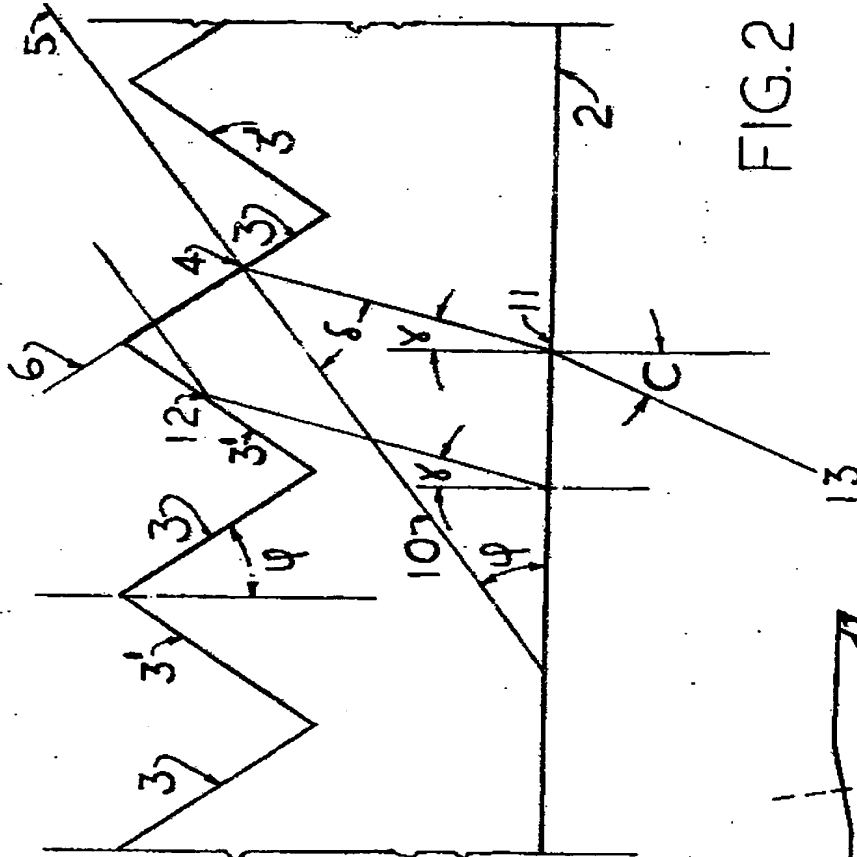


FIG. 2

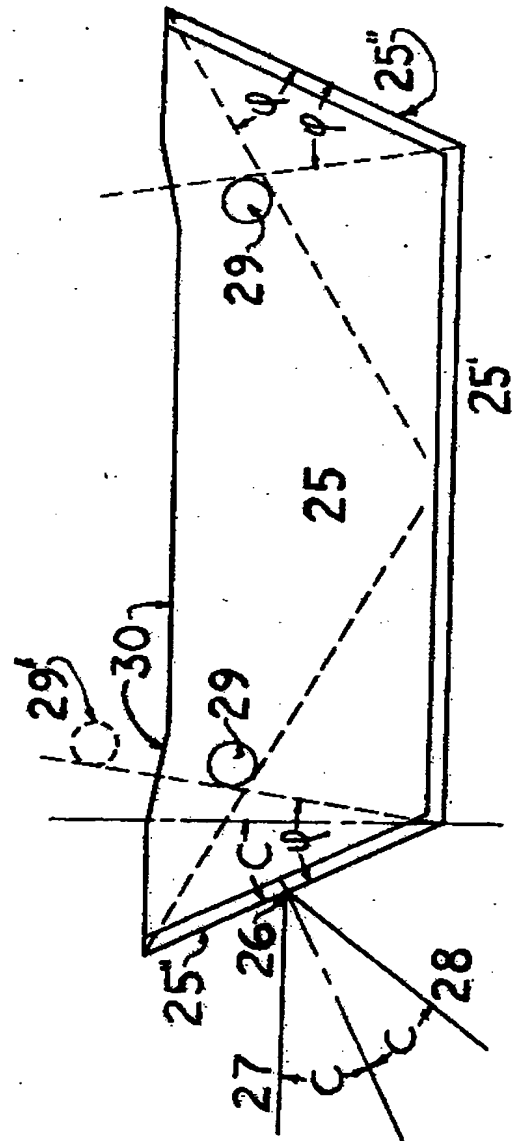


FIG. 4

909823/0599